

文章编号:1004-8227(2008)02-0223-04

气候变化下 21 世纪上海长江口地区 降水变化趋势分析

陶 涛, 信昆仑, 刘遂庆

(同济大学污染控制及资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘 要:近百年来,以全球变暖为主要特征的气候与环境发生了重大变化,在此条件下,气候变化对自然生态系统的影响越来越大,特别是对水资源的负面影响尤为明显,包括水资源数量、质量及其时空分布,水资源开发利用程度,供用水结构以及产水、供水、用水、耗水、排水之间的关系等。上海长江口地区是我国经济发展核心区,而南水北调东线工程实施后,长江口的流量,以及海水的入侵都会直接影响到上海的发展,因此未来百年该区域的降水量在气候变化影响下的变化趋势对区域发展有着一定的影响作用。利用 IPCC 数据分发中心提供的CCCma模式的 4 种模拟结果,分析了在全球气候变化下,由于人类活动影响、温室气体增加等共同作用时,长江口地区未来 50~100 年的降水量变化情景。结果表明,降水量总的会呈现上升趋势,并且降水强度的变化也越来越明显。

关键词:气候变化; 长江口; 降水量; 趋势

文献标识码:A

据政府间气候变化委员会(IPCC)第三次气候变化评估报告的预测结果^[1],在过去的 100 多年里,大气中 CO₂ 浓度明显增大,使得过去 140 年中全球平均气温升高了 0.4~0.8℃,达到了 1 000 年以来的最高值。而在未来 100 年全球大幅度气候变暖,温度继续上升,势将影响降水量的变化,导致部分地区降水增加,降水分布的格局发生变化。降水量的变化与生态环境及生态安全密切相关,它必将对水资源、农业和生态系统产生深刻的影响^[2]。随着全球的变暖,我国的气候也发生了明显的变化,不少地区降水增多,各种极端事件发生的频率大大增加。有关学者指出,由于全球变暖,增加了陆地水体和海洋的蒸发,加速了水汽的循环,由此导致的降水量增大是长江有可能发生更大洪水的根本原因。对我国降水近几十年来的分析也表明,从 20 世纪 70 年代以来,长江流域的降水呈增加的趋势^[3,4]。

以上海为中心的长江口地区是长江流域也是我国经济实力最强的经济核心区,其面积占全国 1%,人口占全国 6%,国内生产总值占 15.4%。随着经济建设的不断深化,上海已成为国际金融、经济文化中心之一。近年来,长江入海口的生态环境发生了

一些变化,诸如海平面上升、海水入侵时间变长及水中挟带的泥沙的粒径变小等问题,而在南水北调东线工程实施后,长江口的总流量将降低,这就从质和量两个方面同时降低长江水的自净能力,而同时海平面上升的速度和程度也将随着南水北调东线工程的实施而加剧^[5]。这就有可能一方面海水入侵的时间加长,一方面海水入侵的范围将增大,有可能严重影响上海及周边城市饮用水水源的安全,直接影响该地区的经济发展和人民生活及社会稳定,而该地区降水量的变化也会对其后果产生一定的影响。

1 资料及分析方法

本文所用资料是由 IPCC 的数据分发中心(DDC)提供的加拿大气候中心模式(CCCma)的模拟结果,它耦合模式包括完善的物理过程,耦合了海洋环流、海冰与陆地生态系统等模式。CCCma 开发了一系列的气候变化模型,本文采用 CGCM2——第二代全球耦合气候模型的 4 种模拟结果,它们分别是:CGCM2-Ctrol1001、CGCM2-GHG + A、CGCM2-A2、CGCM2-B2,分别对大气中由于人类活

收稿日期:2006-11-08;修回日期:2007-03-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50409016);国家高技术研究发展计划(2004AA649410)

作者简介:陶 涛(1974~),女,重庆市人,副教授,博士,主要从事城市水资源管理方面的研究. E-mail:taotao@mail.tongji.edu.cn

动造成的温室气体增加,以及温室气体和硫化物气溶胶浓度共同增加时 21 世纪的气候变化进行了模拟,采用的温室气体排放方案为温室气体每年增加 1%或 IS92a 方案,4 种运行方式的区别主要见表 1。

表 1 CCCma 不同试验设计
Tab.1 CCCma Experiment Design

运行方式	试验(年)	采用方案
CONTROL-1001	1001	GHG-Green House Gases
GHG+A	201	“IS92a”(GHG+A), 温室气体每年增加 1%,考虑硫化物气溶胶
A2	101	IPCC SRES “A2” GHG and aerosol forcing scenario
B2	101	IPCC SRES “B2” GHG and aerosol forcing scenario ^[5,7]

主要研究区域为上海长江口地区,将以上 4 种模式的数据分为两类,一类是只考虑温室气体效应的 CONTROL-1001,另一类为考虑温室气体效应和硫化物气溶胶双重作用的 3 个模式 GHG+A、A2、B2 三种数据的平均值,表示为 GHG+A。降水量变化趋势估计采用线性趋势分析法,即把一个变量写成关于时间的线性函数,用最小二乘法通过实际资料估计出该变量的线性倾向,以此表示该变量的线性趋势。分别计算 2000~2100 年多年平均降水量和降水强度、汛期和枯水期年均降水量和降水强度的变化趋势。

2 降水量的变化趋势分析

(1) 降水量分析

本文首先对 21 世纪上海长江口地区的降水变化进行了分析。结果表明:只考虑温室气体增加和同时考虑气溶胶作用时,降水量总体呈现增加趋势,这与我国长江中下游变化幅度一致,略高于全国及东部、西部地区^[2],但降水量总体增加幅度不太相同。只考虑温室气体增加时,到 21 世纪中期,大约年均增加率为 0.16%,变化幅度较大,且极值出现的几率增加;而到 21 世纪后期,降水增加的幅度有所减少,大约年均增加率为 0.11%,后 50 年变化幅度明显小于前 50 年(见图 1)。考虑气溶胶作用时,降水量总量明显提高,到 21 世纪中期,年均增加率为 0.061%,到 21 世纪末,年均增加率为 0.102%,虽增加率相比减小很多,但大于1 200 mm的年数明显增多,甚至有几年超过了1 400 mm(见图 2)。

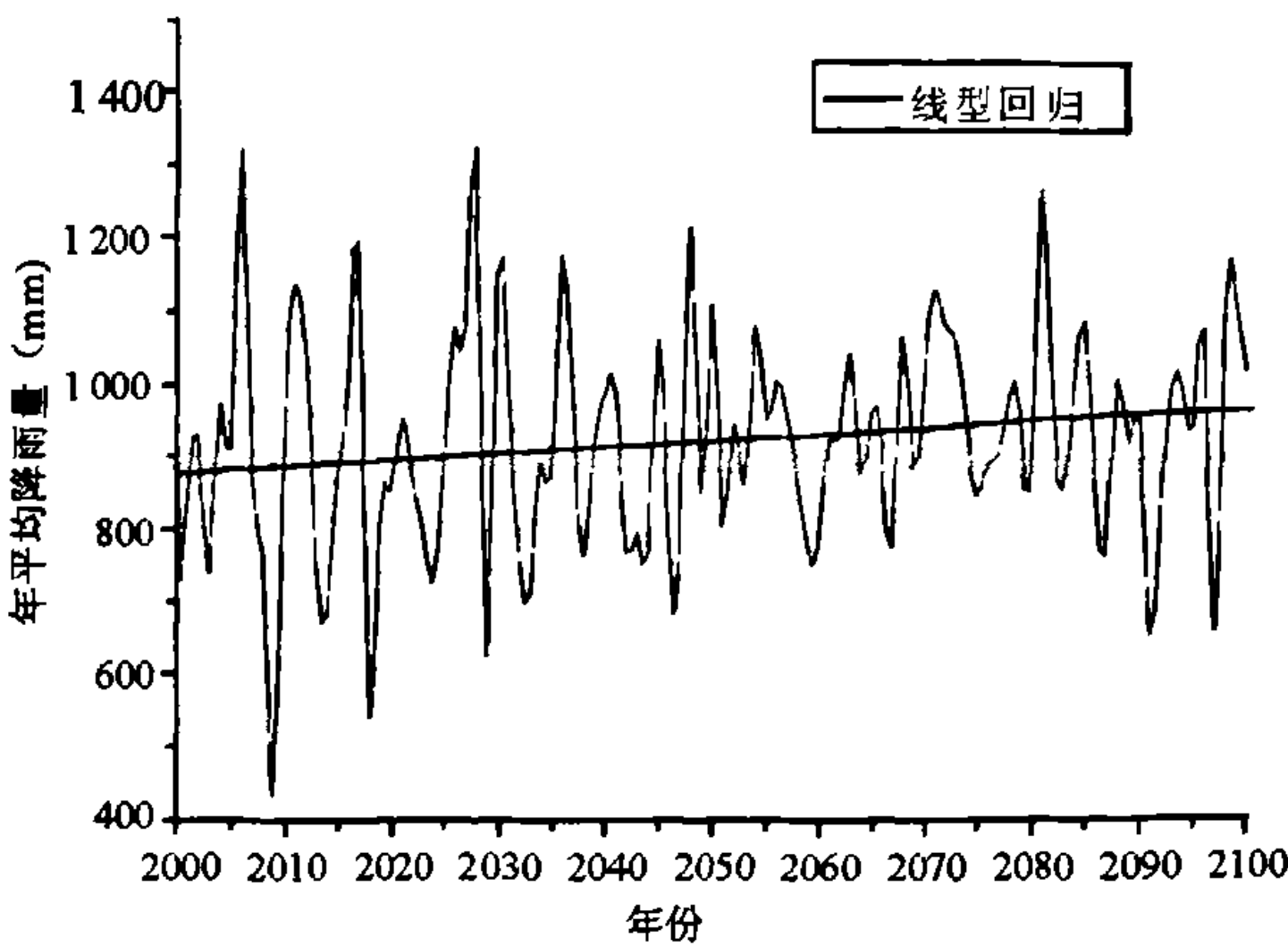


图 1 CONTROL1001 年平均降水量变化趋势
Fig.1 Trend of Annual Precipitation—CONTROL 1001

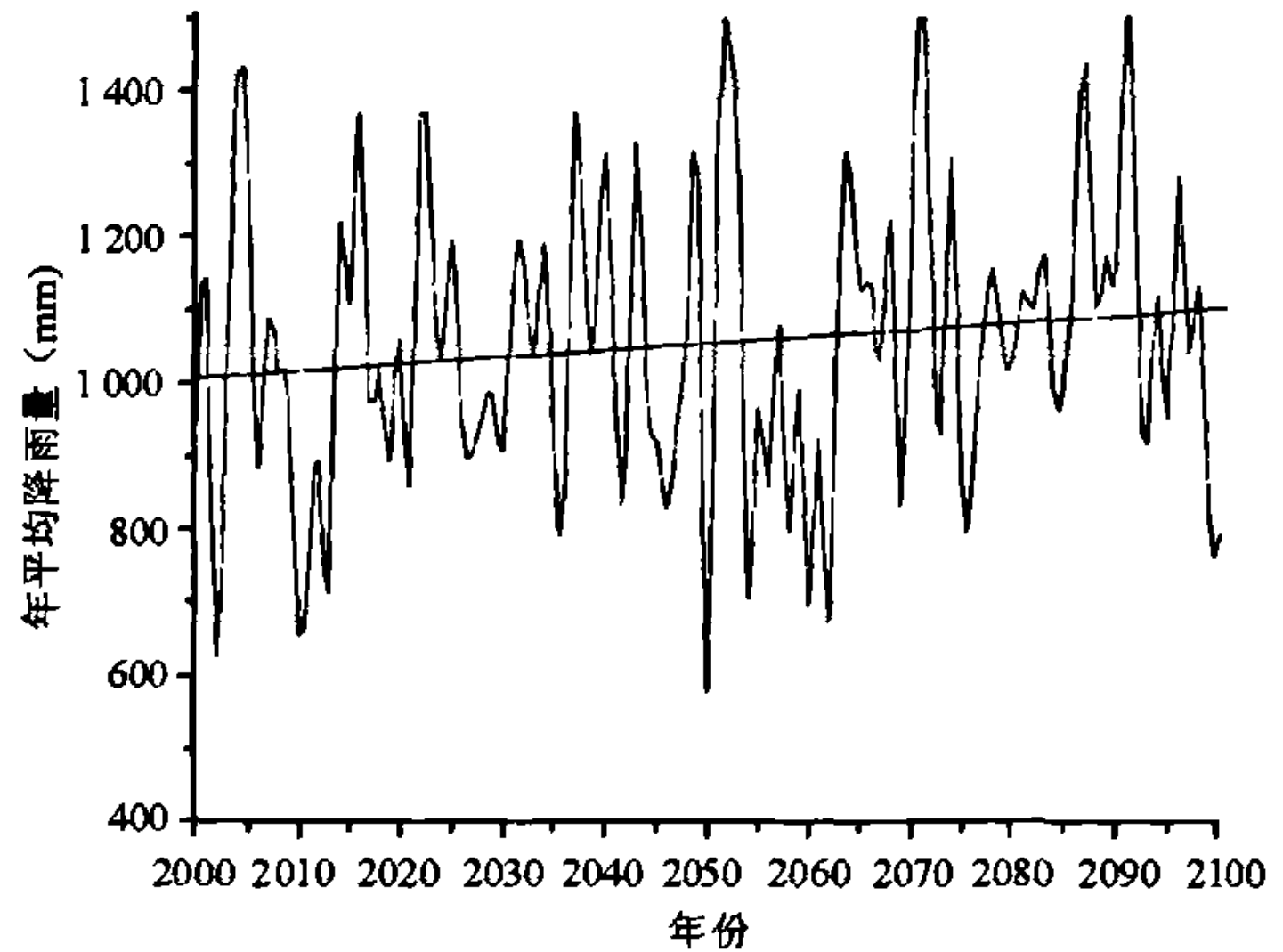


图 2 GHG+A 年平均降水量变化趋势
Fig.2 Trend of Annual Precipitation—GHG+A

在总体变化的基础上,我们进一步分析了汛期(6~9 月)与枯水期(12~2 月)的降水量变化趋势。对于汛期和枯水期,只考虑温室气体效应和同时考虑气溶胶作用时,出现的结果差异较大。只考虑温室气体效应时,汛期和枯水期的降水量都呈现增加趋势,到 21 世纪中期,汛期与枯水期其年均增加率均大于年平均值,分别达到 0.39%和 0.31%,到 21 世纪末,枯水期增加率依然较高,而汛期降低到 0.09%(见图 3);考虑气溶胶作用时,汛期呈现增加趋势,枯水期呈现减小趋势,并且汛期总量明显高于 CONTROL-1001 模式,而枯水期则低于 CONTROL-1001 模式(见图 4)。这也与枯水期已有的长江中下游研究成果基本吻合^[2],即考虑硫化物气溶胶的影响以后,除夏季外,其余 3 个季节未来百年降水明显减少,春季减少更明显,到 21 世纪后期,长江以北地区春季的降水将减少 5%,夏季降水则略有增加,可见硫化物气溶胶对降水量是存在较大影响的,因此我们可以认为考虑气溶胶影响的

GHG+A 模式更适合于分析该区域的降水量变化。

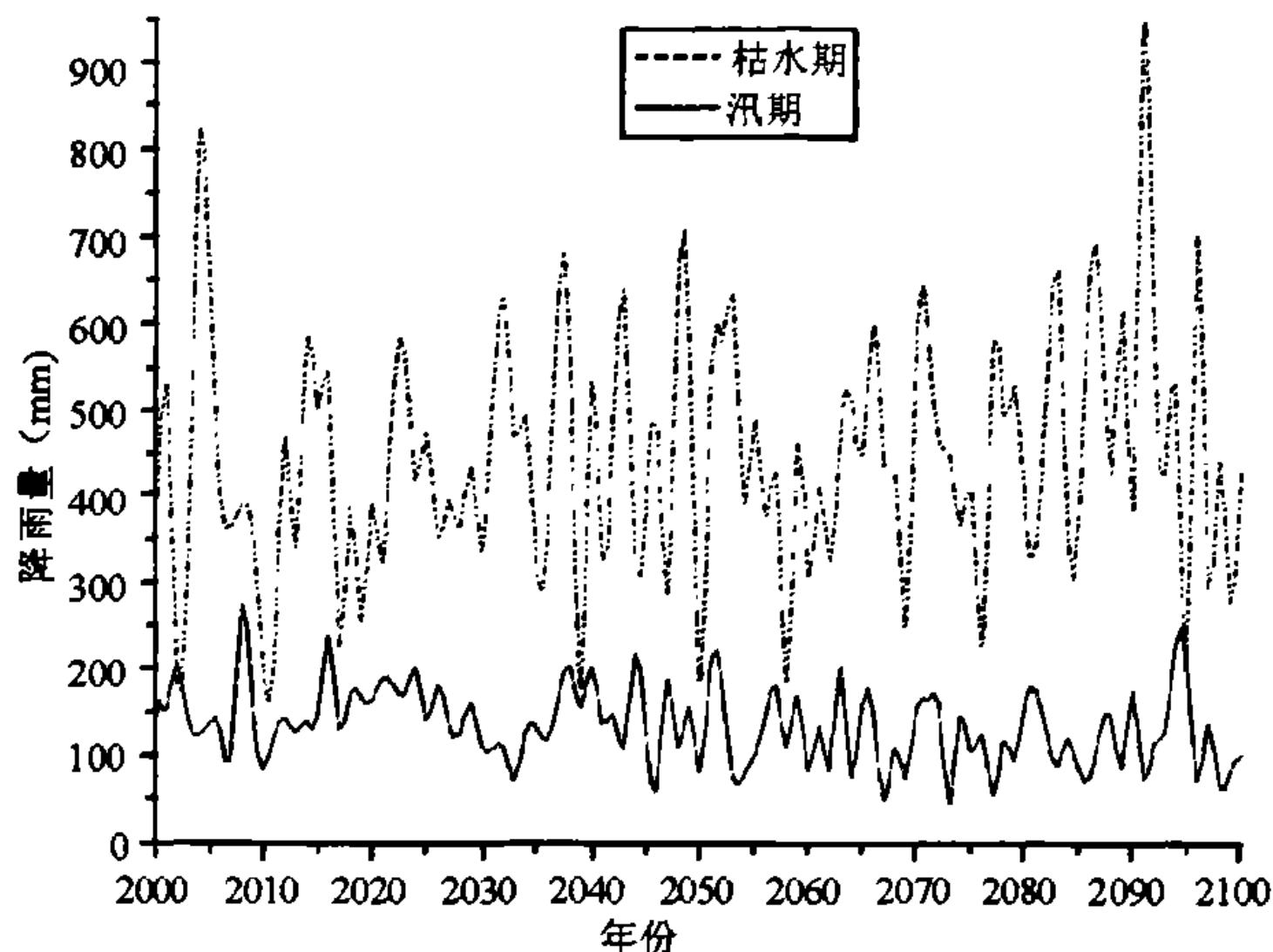


图 3 GHG+A 模式汛期、枯水期年平均降水量

Fig. 3 Annual Precipitation of Flood and Low Water Period - GHG+A

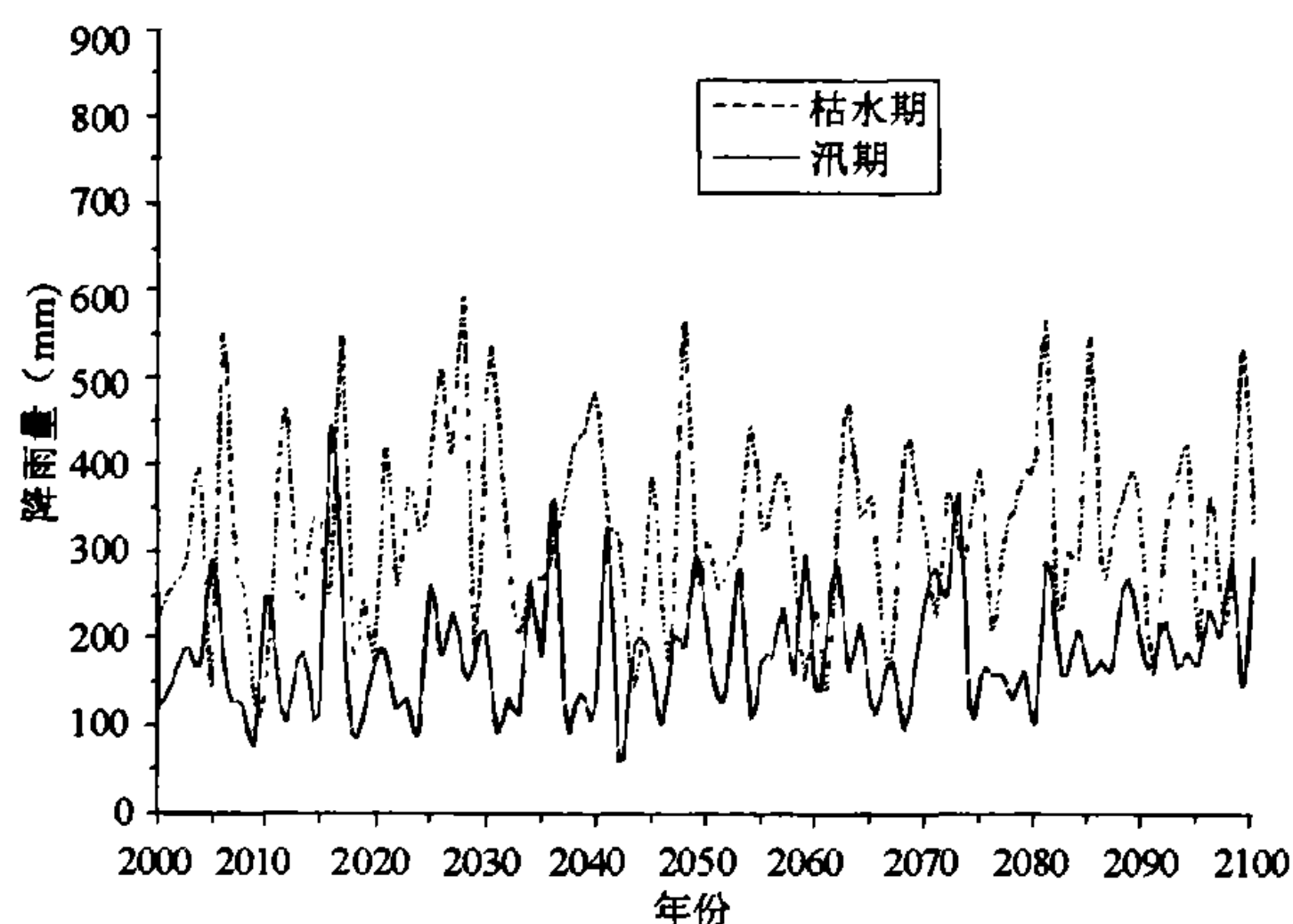


图 4 CONTROL-001 模式汛期、枯水期年平均降水量

Fig. 4 Annual Precipitation of Flood and Low Water Period - CONTROL-1001

表 2 不同模式下降水量年增长率

Tab. 2 Annual Precipitation Increasing Rate

时期	年平均	汛期	枯水期
2000~2050	CONTROL1001:0.16%	CONTROL1001:0.39%	CONTROL1001:0.31%
	GHG+A: 0.061%	GHG+A: 0.068%	GHG+A: -0.29%
2000~2100	CONTROL1001:0.11%	CONTROL1001:0.09%	CONTROL1001:0.29%
	GHG+A: 0.102%	GHG+A: 0.22%	GHG+A: -0.32%

(2) 降水强度

前文已分析出,年降水量呈微弱增长趋势,由此推出,上海长江口地区的年降水强度也会呈现增长趋势。为此,本文接着应用线性回归分析 GHG+A 模式下年月均最大和最小降水强度的变化趋势。

分析结果显示,年月均最大降水强度呈现上升趋势(见图 5),且增加幅度较大,到 21 世纪中期,其回归系数为 $0.019(\text{mm/d})/\text{a}$,到 21 世纪后期,其回归系数 $0.017(\text{mm/d})/\text{a}$,因此其变化幅度略大于后

期的变化;年月均最小降水强度则呈现下降趋势(见图 6),到 21 世纪中期,其回归系数为 $-0.0023(\text{mm/d})/\text{a}$,到后期回归系数达到 $-0.0012(\text{mm/d})/\text{a}$,由此可知,对整个 21 世纪来说,前 50 年的变化幅度是大于后 50 年的,并且其增长趋势是大于下降趋势的,这也与降水量总体增长的趋势相吻合,故未来该区域降水的变化将会直接导致极端事件发生的频率增加。

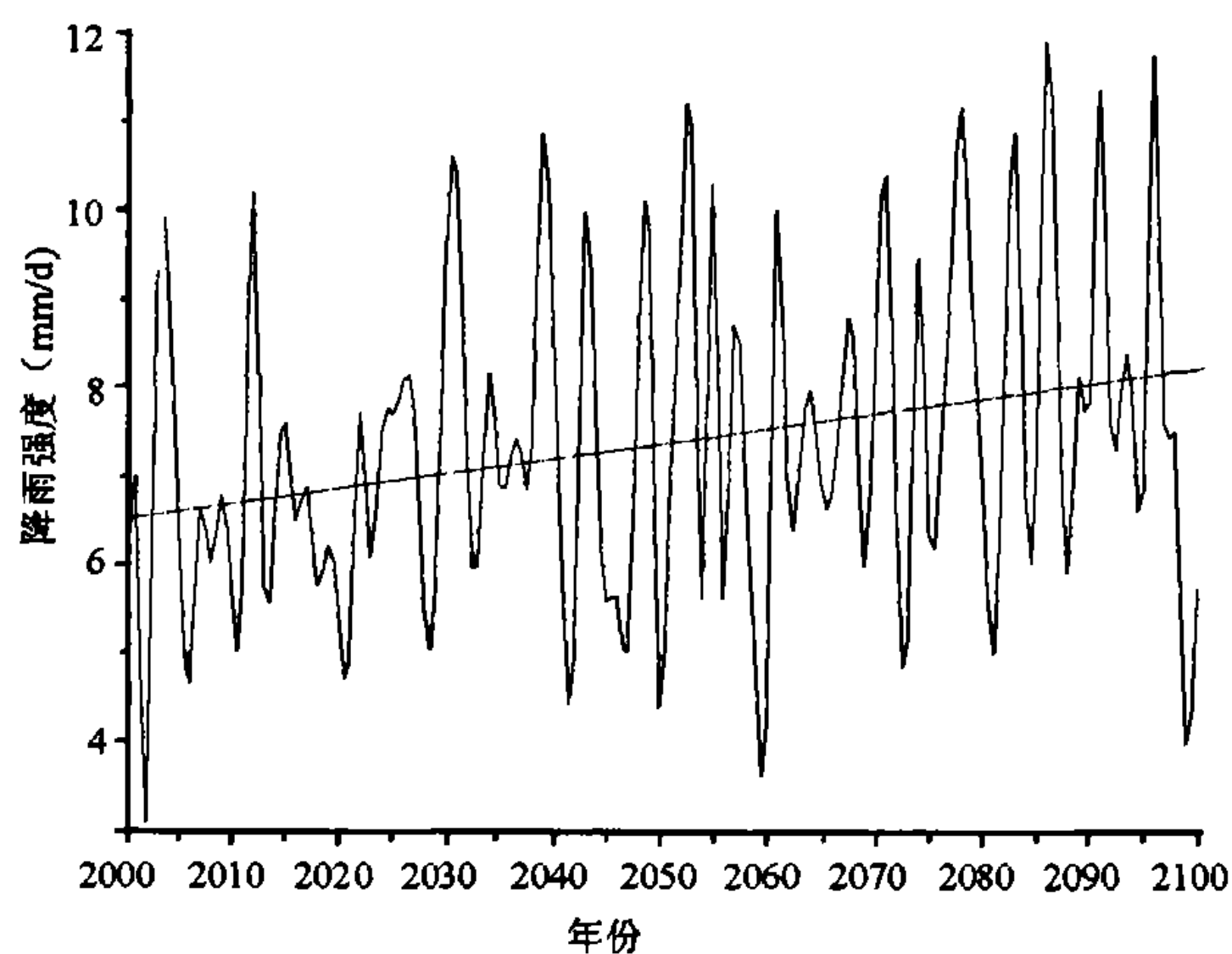


图 5 GHG+A 模式月均降水强度最大值

Fig. 5 Max Intensity of Month Average - GHG+A

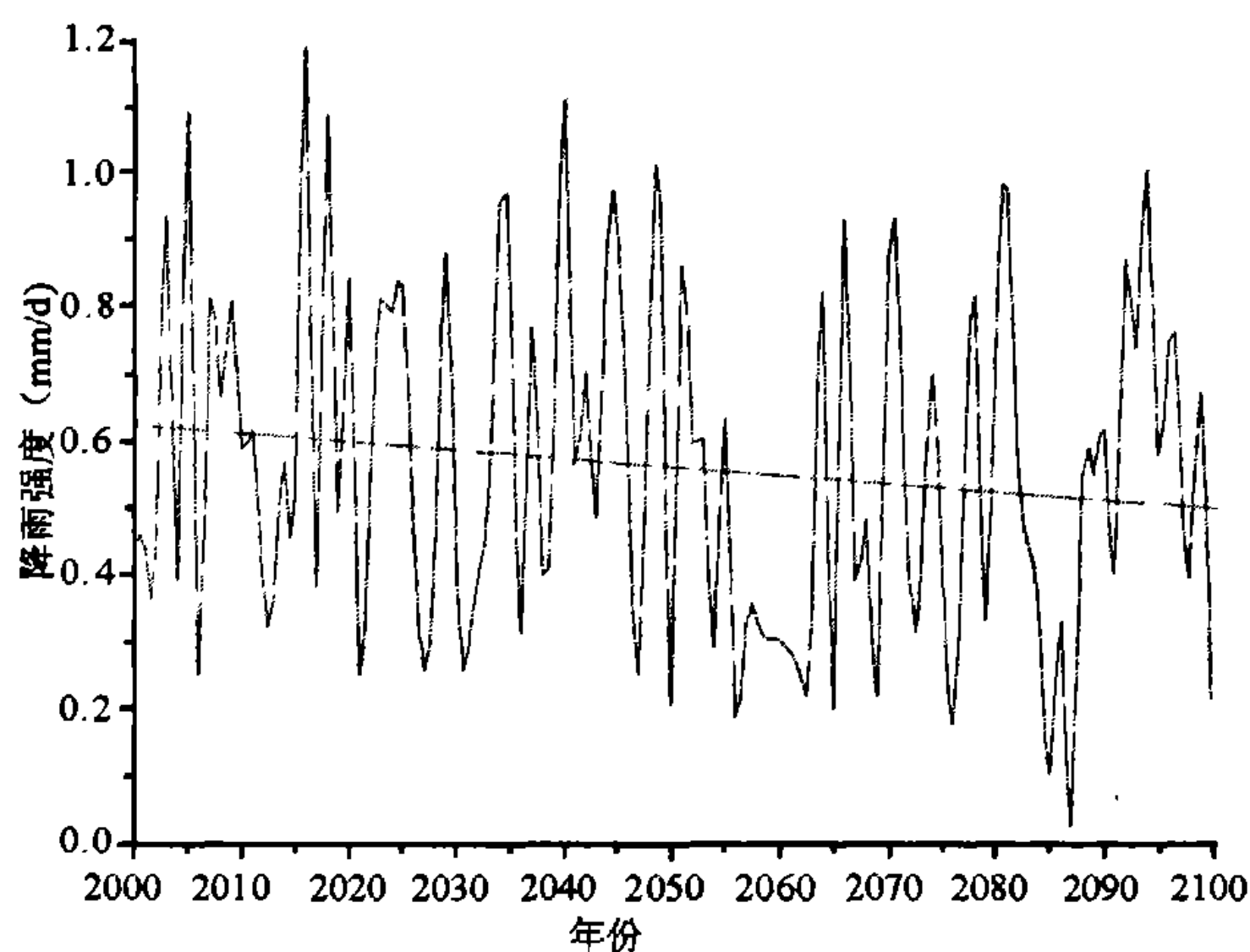


图 6 GHG+A 模式月均降水强度最小值

Fig. 6 Min Intensity of Month Average - GHG+A

3 结论与讨论

利用 CCCma 提供的模型数据,分析了上海长江口地区未来 100 年内的降水量变化趋势,结果表明:

(1) 对考虑气溶胶和不考虑气溶胶影响的结果同时都显示该区域总的降水量呈现上升趋势,其降水量增加分别为 10.2% 和 11%。而考虑气溶胶影响时,降水量总量明显提高,而其变化幅度也较合

理,因此我们可以认为考虑气溶胶影响的 GHG+A 模式更适合于分析该区域的降水量变化。

(2) 对该区域汛期和枯水期降水量变化趋势的结果表明:气溶胶影响考虑与否对于汛期与枯水期降水量的变化影响较大。在汛期,降水量呈现上升趋势,上升幅度分别为 0.9%和 2.2%,而 21 世纪中期,增加幅度为 3.9%和 0.68%;在枯水期,不考虑气溶胶影响时,降水量为上升趋势,上升幅度为 2.9%,而考虑气溶胶影响时,降水量为下降趋势,下降幅度为 3.2%。

(3) 对降水强度最大值最小值的分析结果表明:降水强度年月均最大值也显上升趋势,其回归系数达到 0.017(mm/d)/a,年均最小值明显显示下降趋势,其回归系数为-0.001 2(mm/d)/a,可见未来该区域在降水量总体增长的基础上,其极值出现的几率也将会越来越突出。

通过分析,虽然得到了初步结论,但问题尚存在着不确定性。首先随着全球气候变化问题越来越引起全世界的重视,对于引起气候变暖的主要因素的控制和研究,如限制二氧化碳的排放量等措施的实施,势必会改善全球大气的环流模式,因此目前得到的 100 年的预测数据就有待商榷,另外,气候模式的

完善性、未来排放情景的多样性,以及大部分模式的分辨率较低、对硫化物气溶胶的物理化学过程的认识较低等问题都会直接影响到模型的结果,因此,这方面还有待于更进一步的探讨。

参考文献:

- [1] IPCC. Summary for policy makers[R]. A Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001.
- [2] 左洪超,吕世华,胡隐樵. 中国近 50 年的气温及降水量的变化趋势分析[J]. 高原气象,2004,23(2):38~244.
- [3] 徐 影,丁一汇,赵宗慈. 长江中下游地区 21 世纪气候变化情景预测[J]. 自然灾害学报,2004,13(1):25~31.
- [4] 梅 伟,杨修群. 我国长江中下游降水变化趋势分析[J]. 南京大学学报(自然科学),2005,41(6):577~589.
- [5] 李翠梅,陶 涛,刘遂庆. 南水北调东线工程对上海地区生态环境的影响及应对措施[J]. 水土保持研究,2006,13(2):39~41.
- [6] 袁 飞,谢正辉,任立良. 气候变化对海河流域水文特性的影响[J]. 水利学报,2005,36(3):1~7.
- [7] IPCC. Emissions scenarios. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge: Cambridge University Press,2000.

PRECIPITATION PREDICTION OF CLIMATE CHANGE IN THE MOUTH AREA OF THE YANGTZE RIVER IN THE 21ST CENTURY

TAO Tao, XIN Kun-lun, LIU Sui-qing

(State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The climate and environment have changed greatly as a consequence of global warming over the last century. Climate change has brought some adverse effect on natural ecology system, especially on water resources, including quantity, quality, spatial-temporal distribution, water supply and water demand. After the “South to North Water Transfer (E)” project being set up in practice, the self-purification capability will be decreased in the Yangtze River, especially in lower water period, so the wastewater discharge of Shanghai will have an influence on wetland environment in the mouth of the Yangtze River. Using the simulation of four CCCma models provided by DDC of IPCC, the situation of climate change along the mouth area of the Yangtze River in the next 50 to 100 years due to the effects of human activities was analyzed in this paper. It is indicated that the climate change in this area has some effect on precipitation. The precipitation will show, to some degree, an increasing trend, and the increase in annual precipitation intensity is obvious.

Key words: climate change; mouth area of the Yangtze River; precipitation; trend